

University of Groningen

## Scattering of polarized D-D neutrons in a diffusion cloud chamber

Mulder, Jan Pieter Fokke

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

1968

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Mulder, J. P. F. (1968). *Scattering of polarized D-D neutrons in a diffusion cloud chamber*. s.n.

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

## INLEIDING EN SAMENVATTING

In dit proefschrift wordt een onderzoek naar de bruikbaarheid van een met helium gevulde diffusie-nevelkamer als neutronenpolarimeter beschreven. De behoefte aan een betrouwbare meetmethode blijkt uit de sterk uiteenlopende waarden van de polarisatie van D-D neutronen bij lage deuteronenenergieën die door verschillende onderzoekers zijn gepubliceerd (zie fig. 8.5). De verschillen moeten worden toegeschreven aan asymmetrieën tengevolge van geometrische en instrumentele omstandigheden, alsmede aan de grote ondergrond van neutronen en gamma-straling bij dit soort experimenten.

Voor de bepaling van de polarisatie van een neutronenbundel worden de neutronen elastisch verstrooid aan kernen met spin nul. De hierbij optredende anisotropie in de intensiteit van de verstrooide neutronen volgt uit de formule voor de differentiële verstrooiingsdoorsnede voor gepolariseerde neutronen

$$\sigma(\theta, \Phi) = \sigma(\theta) \{1 + P_n P_s(\theta) \cos \Phi\}. \quad (1)$$

Hierin zijn  $\theta$  en  $\Phi$  de verstrooiingshoeken,  $\sigma(\theta)$  de verstrooiingsdoorsnede voor ongepolariseerde neutronen,  $P_n$  de neutronenpolarisatie en  $P_s(\theta)$  het analyserend vermogen van de verstrooier. Uit deze formule is het duidelijk dat de azimuthale anisotropie maximaal is voor de hoeken  $\Phi = 0$  en  $\Phi = \pi$ .

Bij de gebruikelijke methodes ter bepaling van  $P_n$  worden de intensiteiten bij deze hoeken gemeten met twee detectoren. De neutronenpolarisatie volgt dan uit de formule voor de asymmetrie

$$\frac{I(\theta, 0) - I(\theta, \pi)}{I(\theta, 0) + I(\theta, \pi)} = P_n P_s(\theta). \quad (2)$$

Een onvoldoende discriminatie van de ondergrond van aan de omgeving verstrooide neutronen en gamma-straling zal hierbij in het algemeen een te kleine waarde van de asymmetrie en dus ook van  $P_n$  tot gevolg hebben. Het werd daarom van belang geacht een nieuwe methode voor de bepaling van de polarisatiegraad te beproeven.

De door ons gevolgde methode, het verstrooien van de

neutronen aan helium in een diffusie-nevelkamer en het fotograferen van de sporen van de teruggestoten heliumkernen, levert volledige informatie over elke verstrooiingsgebeurtenis. In tegenstelling daarmee wordt met de gebruikelijke detectoren (scintillatoren, ionisatiekamers en proportionele telbuizen) vaak alleen de pulshoogte (in ons geval te vertalen in spoorlengte) gemeten, soms ook de pulsform (analoog met ionisatiedichtheid) ter herkenning van het gedetecteerde deeltje; verder kan door het gebruik van richtingsgevoelige detectoren resp. opstellingen informatie worden verkregen over de gemiddelde richting van de verstrooide deeltjes.

Met onze nevelkamer-polarimeter worden van elk verstrooid deeltje afzonderlijk de energie, de aard en de richting eenduidig vastgesteld; in het bijzonder de richting wordt met veel grotere nauwkeurigheid gemeten dan bij de gebruikelijke methodes het geval is. Bovendien worden verstrooiingsgebeurtenissen in een groot interval van de verstrooiingshoek  $\theta$  geaccepteerd. Dit maakt het mogelijk de  $\theta$ -afhankelijkheid van de grootheden  $\sigma(\theta)$  en  $P_s(\theta)$  te bepalen, zonder dat veranderingen in de experimentele opstelling nodig zijn.

Discriminatie van de  $\gamma$ -ondergrond is eenvoudig wegens het grote verschil in ionisatiedichtheid voor electronen en alfa-deeltjes; de verlichting van de sporen kan zodanig worden ingesteld dat electronensporen, veroorzaakt door de  $\gamma$ -straling, onzichtbaar worden op de foto's.

Discriminatie van de neutronenondergrond wordt uitgevoerd door de gegevens van elk spoor te toetsen aan de eenduidige relatie die er bestaat tussen lengte en richting van een alfa-spoor dat door verstrooiing van een neutron met de goede energie en richting is ontstaan.

Instrumentele asymmetrieën in de richtingsverdeling van de sporen zijn door het gebruik van een gasvormige verstrooier en door de detectie van elk spoor in het gas zelf uitgesloten; bij het uitmeten van de foto's kunnen echter wel asymmetrieën worden geïntroduceerd.

Het enige nadeel van de door ons toegepaste methode wordt gevormd door het tijdrovende uitmeten van de foto's. Een consequentie van dit nadeel is dat de informatie pas geruime tijd na het uitvoeren van het experiment beschikbaar komt. Automatisering van het uitmeetproces is in principe wel uitvoerbaar, maar zou ook veel tijd vergen en belangrijke investeringen met zich mee brengen. Met de ervaring van ons experiment menen wij echter dat het serieuze overweging verdient.

De boven omschreven methode van polarisatiemeting werd bij het door ons uitgevoerde onderzoek toegepast voor de bepaling van de polarisatie van neutronen uit de reactie  ${}^2\text{H}(\text{d}, \text{n}) {}^3\text{He}$ . De deutronenenergie was 350 keV, de reactiehoek  $46,5^\circ$  (laboratoriumstelsel).

De karakteristieke eigenschap van onze detectietechniek, n.l. de individuele analyse van alle verstrooiingsgebeurtenissen binnen grote intervallen van de verstrooiingshoeken  $\theta$  en  $\phi$ , brengt met zich mee dat de gebruikelijke methodes ter berekening van de polarisatie niet toepasbaar zijn. Bovendien wordt daarbij geen gebruik gemaakt van de informatie over de functies  $\sigma(\theta)$  en  $P_s(\theta)$  die in de gemeten sporenverzameling is bevat. Een optimale analyse van de informatie wordt pas verkregen door de richtingsverdeling van de sporen niet meer te beschrijven met formule (1), maar door de in deze formule voorkomende, onderling afhankelijke, grootheden  $\sigma(\theta)$  en  $P_s(\theta)$  uit te drukken in de fundamentele en onderling onafhankelijke parameters  $\delta_{\ell}^{\pm}$ , de verstrooiingsfasen. In hoofdstuk 2 wordt daarom een overzicht gegeven van de theoretische achtergronden van de formule voor de differentiële doorsnede  $\sigma(\theta, \phi)$ , en wordt de afhankelijkheid van de functies  $\sigma(\theta)$  en  $P_s(\theta)$  van de verstrooiingsfasen gegeven. Met dit formalisme worden vervolgens in hoofdstuk 3 verschillende nieuwe methodes ter analyse van de meetresultaten besproken. Bij deze methodes, waarvan de toepasbaarheid door experimentele omstandigheden wordt bepaald, draagt elke verstrooiing, voorzien van het juiste statistische gewicht, als individu tot de resultaten bij.

De deutronenversneller, de gebruikte zwaar-ijs-trefplaten, en de onzekerheden in energie en richting van de vrijkomende neutronen worden besproken in hoofdstuk 4.

Een uitvoerige beschrijving van de door ons ontworpen diffusie-nevelkamer met bijbehorende controleapparatuur, en een discussie van de voorwaarden voor een goede werking van de kamer worden gegeven in hoofdstuk 5.

De analyse van de stereofoto's werd uitgevoerd door projectie van de opnamen op een uitmeettafel, gebruik makend van hetzelfde optische systeem als bij de opnamen was gebruikt. De metingen werden verricht aan beide projecties van elk spoor. De uitmeettafel, de meetmethode, de mogelijke aanwezigheid van valse asymmetrieën en de fouten in de bepaling van de richting van de sporen worden besproken in hoofdstuk 6.

De resultaten van de metingen van de sporen werden vastgelegd in ponsband waarna een elektronische rekenmachine de gegevens verwerkte. In hoofdstuk 7 worden de correcties

en tests besproken die de rekenmachine uitvoerde; hieronder vallen de correcties voor een asymmetrie die bij het uitmeten van de foto's kan zijn opgetreden.

In hoofdstuk 8 worden de resultaten gegeven die met de in hoofdstuk 3 besproken methodes zijn berekend. Bij toepassing van de in § 3.4.2 beschreven methode bleek dat de asymmetrie in de richtingsverdeling van de sporen niet geheel paste bij het verloop dat uit de verstrooiingsfasen volgt (§ 8.2). De afwijkingen van het verwachte verloop traden op bij die verstrooiingshoeken waarbij tijdens het uitmeten van de sporen valse asymmetrieën zijn opgetreden. Voor de definitieve berekeningen werden daarom alleen sporen met zodanige verstrooiingshoeken geaccepteerd dat geen valse asymmetrieën aanwezig zijn. Teneinde de nauwkeurigheid van de berekeningen te vergroten werden behalve de gemeten richtingsverdeling van de sporen ook de experimentele waarden van de differentiële verstrooiingsdoorsnede  $\sigma(\theta)$ , gemeten door Austin e.a. (Au 62), en de waarde van de totale verstrooiingsdoorsnede, gemeten door een groep in Los Alamos (La 59), in de analyse opgenomen.

De berekeningen leverden een waarde van de polarisatie van  $-0,169 \pm 0,014$ ; voor de s- en p-verstrooiingsfasen werden de waarden  $\delta_0 = 140,1^\circ \pm 0,8^\circ$ ;  $\delta_1^+ = 121,1^\circ \pm 1,3^\circ$  en  $\delta_1^- = 24,1^\circ \pm 4,4^\circ$  gevonden. Zoals opgemerkt werden deze resultaten bepaald bij een deutronenenergie van 350 keV en een reactiehoek van  $46,5^\circ$ , resulterend in een neutronenenergie van 3,0 MeV.

In fig. 8.5 wordt de door ons bepaalde waarde van de polarisatie vergeleken met de resultaten van andere onderzoekers. In fig. 8.6 worden de gevonden waarden van de verstrooiingsfasen vergeleken met resultaten van anderen; in fig. 8.2 en fig. 8.7 zijn de berekende differentiële werkzame doorsnede en de asymmetrie getekend. De waarde van de polarisatie is hoger dan tot nu toe werd aangenomen. Dit kan worden verklaard uit het ontbreken van invloeden van ondergrond-straling bij onze detectiemethode. De overige resultaten zijn in goede overeenstemming met elders uitgevoerde metingen.

In hoofdstuk 9 worden enige opmerkingen gemaakt over de voordelen en beperkingen van de door ons toegepaste methode van polarisatiemeting.

Teneinde bij het uitmeten van de sporen de operatoren van de uitmeettafel niet ook nog te belasten met het registreren van de gemeten coördinaten, werd deze registratie

volledig geautomatiseerd. In deel II van dit proefschrift, hoofdstuk 10, worden de electronische circuits besproken die hiervoor werden ontwikkeld.